

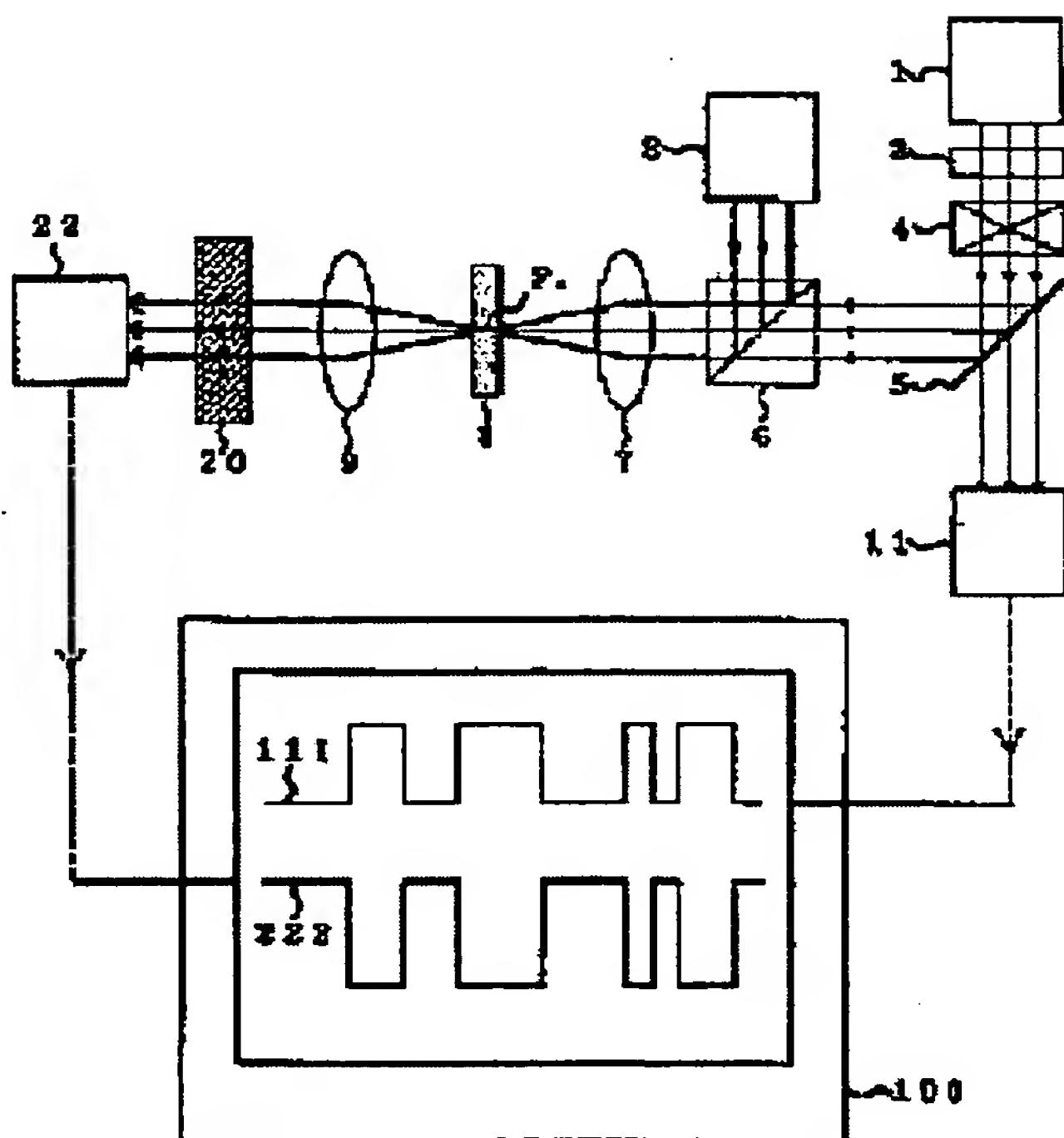
LIGHT CONTROL METHOD AND LIGHT CONTROLLER

Patent number: JP8286220
Publication date: 1996-11-01
Inventor: KASAI TOSHIKI; KAI MASAKATSU; UENO ICHIRO;
TANAKA NORIO; TAKARADA SHIGERU
Applicant: VICTOR CO OF JAPAN LTD;; DAINICHISEIKA COLOR
& CHEM MFG CO LTD
Classification:
- **international:** G02F1/35; G02F1/01
- **europen:**
Application number: JP19960026419 19960214
Priority number(s):

Abstract of JP8286220

PURPOSE: To provide a light control method which draws the light response of a sufficient size and velocity out of a light responsive optical element with the lowest possible light power and a light controller.

CONSTITUTION: The control light is emitted from a light source 1 and the signal light from a light source 2. The control light and signal light are converged by a condenser lens 7 and are cast to the optical element 8. Only the signal light is detected by a photodetector 22 through a photodetecting lens 9 and a waveguide selective transmittable filter 20. The transmittance of the signal light is reversibly increased and decreased by the on and off of the control light, by which the intensity modulation of the signal light is embodied. The interaction effect of the excitation species in the light responsive compsn, the control light and the photon of the signal light is greatly improved by converging the control light and the signal light and propagating the light on the same optical path. The drawing of the light response of the sufficient magnitude and velocity out of the light responsive optical element with the light power sufficiently lower than heretofore is made possible.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-286220

(43)公開日 平成8年(1996)11月1日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 F 1/35
1/01

識別記号

府内整理番号

F I

G 0 2 F 1/35
1/01

技術表示箇所

Z

審査請求 未請求 請求項の数11 O.L (全19頁)

(21)出願番号 特願平8-26419

(22)出願日 平成8年(1996)2月14日

(31)優先権主張番号 特願平7-25618

(32)優先日 平7(1995)2月14日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000004329

日本ピクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

(71)出願人 000002820

大日精化工業株式会社

東京都中央区日本橋馬喰町1丁目7番6号

(72)発明者 河西 利記

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ピクター株式会社内

(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

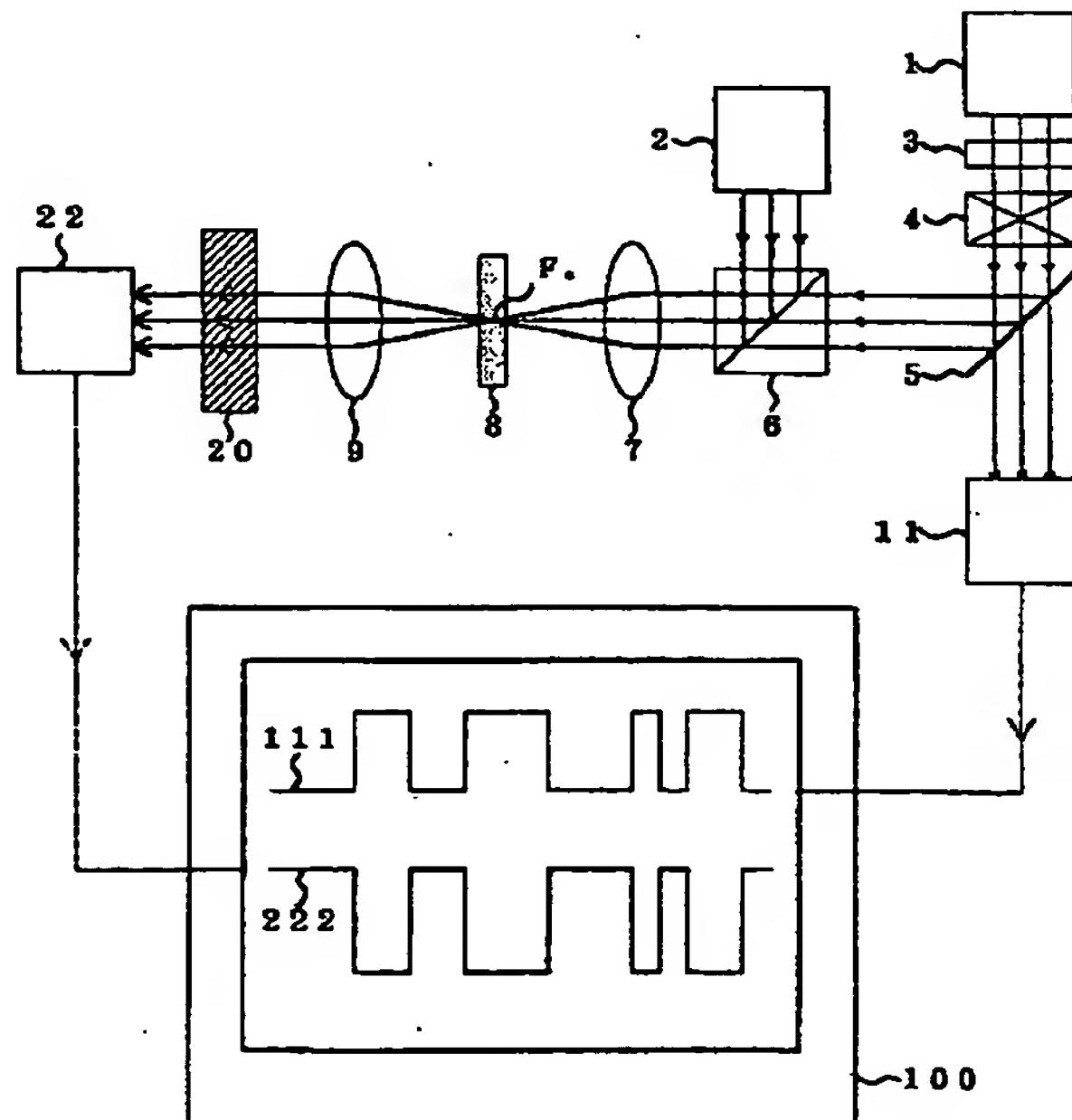
最終頁に続く

(54)【発明の名称】光制御方法および光制御装置

(57)【要約】

【課題】 できる限り低い光パワーで充分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すような光制御方法および光制御装置を提供する。

【解決手段】 光源1から制御光が、光源2から信号光が射出する。制御光および信号光は集光レンズ7で収束され、光学素子8に照射される。受光レンズ9および波長選択透過フィルター20を経て光検出器22で信号光のみが検出される。制御光のON、OFFにより信号光の透過率が可逆的に増減し、信号光の強度変調が実現する。制御光および信号光を収束させて同一光路上を伝播させることにより、光応答性組成物中の励起種と制御光および信号光の光子の相互作用効率を著しく向上させることができとなり、従来に比べ低い光パワーで充分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すことが可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に変化させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法であって、前記制御光および前記信号光を各々収束させて前記光学素子へ照射し、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置することを特徴とする光制御方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光を前記光学素子中において実質的に同一光路で伝播させることを特徴とする光制御方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させ、および／または、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させることにより、前記制御光の照射によって、前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答と前記信号光の光束密度が増減する光応答との、両方、またはどちらか一方を選択して取り出すことを特徴とする光制御方法。

【請求項 4】 請求項 1 から 3 いずれか記載の光制御方法において、前記光学素子として、色素を含有した光応答性組成物から成るもの用いることを特徴とする光制御方法。

【請求項 5】 請求項 1 から 4 いずれか記載の光制御方法において、前記光学素子として、前記制御光の透過率が多くとも 90% 以下で、かつ、前記制御光を照射しない状態での前記信号光の透過率が少なくとも 10% 以上となるように調整されたものを用い、前記制御光の照射によって、前記光学素子を透過した前記信号光の透過率が減少する方向の光応答を取り出すことを特徴とする光制御方法。

【請求項 6】 光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に増減させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法に用いられる光制御装置であって、

前記制御光および前記信号光をそれぞれ収束させる収束手段を有し、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合うよう前記制御光および前記信号光の光路配置がなされ、かつ、前記光学素子は、収束された前記制御光および前

記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合う位置に配置されていることを特徴とする光制御装置。

【請求項 7】 請求項 6 記載の光制御装置において、さらに、前記制御光および前記信号光が前記光学素子中ににおいて実質的に同一光路で伝播するような光路配置を有することを特徴とする光制御装置。

【請求項 8】 請求項 6 記載の光制御装置において、更に、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させる移動手段と、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させて受光する受光範囲調節手段と、を有し、前記移動手段および／または前記受光範囲調節手段を用いることによって、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させ、および／または、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させることにより、前記制御光の照射によって前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答と前記信号光の光束密度が増減する光応答との、両方、またはどちらか一方を選択して取り出すことを特徴とする光制御装置。

【請求項 9】 請求項 6 から 8 いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子は、色素を含有した光応答性組成物から成ることを特徴とする光制御装置。

【請求項 10】 請求項 6 から 9 いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子は、制御光の透過率が多くとも 90% 以下で、かつ、制御光を照射しない状態での信号光の透過率が少なくとも 10% 以上となるように調整され、制御光の照射によって、信号光の透過率が減少する方向の光応答を取り出すことを特徴とする光制御装置。

【請求項 11】 請求項 6 から 10 いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子を透過してきた信号光と制御光の混合光を、信号光と制御光とに分離する手段を有することを特徴とする光制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば光通信、光情報処理などの光エレクトロニクスおよびフォトニクスの分野において有用な、光応答性組成物から成る光学素子を用いる光制御方法および光制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 超高速情報伝達・処理を目的として、光の多重性、高密度性に着目した光エレクトロニクスおよびフォトニクスの分野において、光学材料または光学組成物を加工して作成した光学素子に光を照射することで引き起こされる透過率や屈折率の変化を利用して、電子

回路技術を用いずに、光の強度（振幅）または周波数（波長）を変調しようとする光・光制御方法の研究開発が盛んに進められている。また、光の特徴を活かして、並列光論理演算や画像処理を行おうとする場合、光ビームの断面に光強度分布変化など、何等かの変調を行うための「空間光変調器」が極めて重要であり、ここへも光・光制御方法の適用が期待される。

【0003】光・光制御方法への応用が期待される現象としては可飽和吸収、非線形屈折、フォトリラクティブ効果などの非線形光学効果、およびフォトクロミック現象が広く注目を集めている。

【0004】一方、第一の波長帯域の光で励起された分子が、分子構造の変化を伴わずに、第一の波長帯域とは異なる第二の波長帯域において新たに光吸収を起こす現象も知られており、これを「励起状態吸収」または「誘導吸収」、あるいは「過渡吸収」と呼ぶことができる。

【0005】励起状態吸収の応用を試みた例としては、例えば、特開昭53-137884号公報にはポルフィリン系化合物と電子受容体を含んだ溶液または固体に対して波長の異なる少なくとも二種類の光線を照射し、この照射により一方の波長の光線が有する情報を他方の光線の波長に移すような光変換方法が開示されている。また、特開昭55-100503号公報および特開昭55-108603号公報にはポルフィリン誘導体などの有機化合物の基底状態と励起状態の間の分光スペクトルの差を利用し、励起光の時間的な変化に対応して伝搬光を選択するような機能性の液体コア型光ファイバーが開示されている。また、特開昭63-89805号公報には光によって励起された三重項状態から更に上位の三重項状態への遷移に対応する吸収を有するポルフィリン誘導体などの有機化合物をコア中に含有しているプラスチック光ファイバーが開示されている。また、特開昭63-236013号公報にはクリプトシアニンなどのシアニン色素の結晶に第一の波長の光を照射して分子を光励起した後、第一の波長とは異なる第二の波長の光を前記分子に照射し、第一の波長の光による光励起状態によって第二の波長の光の透過または反射をスイッチングするような光機能素子が開示されている。また、特開昭64-73326号公報にはポルフィリン誘導体などの光誘起電子移動物質をマトリックス材料中に分散した光変調媒体に第一および第二の波長の光を照射して、分子の励起状態と基底状態の間の吸収スペクトルの差を利用して光変調するような光信号変調媒体が開示されている。

【0006】これら従来技術で用いられている光学装置の構成としては、特開昭55-100503号公報、特開昭55-108603号公報、および特開昭63-89805号公報には伝搬光の伝播する光ファイバーを励起光の光源（例えばフラッシュランプ）の周囲に巻きつけるような装置構成が開示されており、特開昭53-137884号公報および特開昭64-73326号公報

には光応答性光学素子内部の信号光に相当する光の伝播している部分全体に信号光の光路とは別の方から制御光に相当する光を収束させることなくむしろ投射レンズなどの手段によって拡散させて照射するような装置構成が開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以上のような従来技術においては、実用に足りる大きさの透過率変化または屈折率変化を引き起こすためには非常に高密度の光パワーを必要としたり、光照射に対する応答が遅かったりするため、実用に至るものは未だ得られていないのが現状である。

【0008】本発明は、上記従来技術の有する課題を解消し、できる限り低い光パワーで充分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すような光制御方法および光制御装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】【本発明に係る光制御方法】上記目的を達成するために、本願の請求項1記載の発明に係る光制御方法は、光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および/または屈折率を可逆的に変化させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および/または光束密度変調を行う光制御方法であって、前記制御光および前記信号光を各々収束させて前記光学素子へ照射し、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置することを特徴とする。

【0010】また、本願の請求項2記載の発明に係る光制御方法は、請求項1記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光を前記光学素子中において実質的に同一光路で伝播させることを特徴とする。

【0011】請求項3記載の発明に係る光制御方法は、請求項1または2記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させ、および/または前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させることにより、前記制御光の照射によって、前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答と前記信号光の光束密度が増減する光応答との、両方、またはどちらか一方を選択して取り出すことを特徴とする。

【0012】請求項4に係る光制御方法は、請求項1から3いずれか記載の光制御方法において、前記光学素子として、色素を含有した光応答性組成物から成るもの用いることを特徴とする。

【0013】請求項5に係る光制御方法は、請求項1から4いずれか記載の光制御方法において、前記光学素子

として、前記制御光の透過率が多くとも90%以下で、かつ、前記制御光を照射しない状態での前記信号光の透過率が少なくとも10%以上となるように調整されたものを用い、前記制御光の照射によって、前記光学素子を透過した前記信号光の透過率が減少する方向の光応答を取り出すことを特徴とする。

【0014】【本発明に係る光制御装置】上記目的を達成するために、本願の請求項6記載の発明に係る光制御装置は、光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に増減させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法に用いられる光制御装置であって、前記制御光および前記信号光をそれぞれ収束させる収束手段を有し、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合うよう前記制御光および前記信号光の光路配置がなされ、かつ、前記光学素子は、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合った位置に配置されていることを特徴とする。

【0015】また、請求項7記載の発明に係る光制御装置は、請求項6記載の光制御装置において、更に、前記制御光および前記信号光が前記光学素子中において実質的に同一光路で伝播するような光路配置を有することを特徴とする。

【0016】請求項8記載の発明に係る光制御装置は、請求項6記載の光制御装置において、更に、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させる移動手段と、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させて受光する受光範囲調節手段と、を有し、前記移動手段および／または前記受光範囲調節手段を用いることによって、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させ、および／または、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化することにより、前記制御光の照射によって前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答と前記信号光の光束密度が増減する光応答との、両方、またはどちらか一方を選択して取り出すことを特徴とする。

【0017】請求項9に係る光制御装置は、請求項6から8いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子は、色素を含有した光応答性組成物から成ることを特徴とする。

【0018】請求項10に係る光制御装置は、請求項6から9いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子は、制御光の透過率が多くとも90%以下で、かつ、制御光を照射しない状態での信号光の透過率が少なくとも10%以上となるように調整され、制御光の照射によ

って、信号光の透過率が減少する方向の光応答を取り出すことを特徴とする。

【0019】請求項11に係る光制御装置は、請求項6から10いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子を透過してきた信号光と制御光の混合光を、信号光と制御光とに分離する手段を有することを特徴とする。

【0020】【光応答性組成物】ここで、本発明における制御光を照射したとき、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に可変させるような光学素子に用いられる光応答性組成物としては、公知の種々のものを使用することができる。

【0021】その例を具体的に挙げるならば、例えば、GaAs、GaAsP、GaAlAs、InP、InSb、InAs、PbTe、InGaAsP、ZnSeなどの化合物半導体の単結晶、前記化合物半導体の微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、異種金属イオンをドープした金属ハロゲン化物（例えば臭化カリウム、塩化ナトリウムなど）の単結晶、前記金属ハロゲン化物（例えば臭化銅、塩化銅、塩化コバルトなど）の微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、銅などの異種金属イオンをドープしたCdS、CdSe、CdS₂、CdSeTeなどのカドミウムカルコゲナイトの単結晶、前記カドミウムカルコゲナイトの微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、シリコン、ゲルマニウム、セレン、テルルなどの半導体単結晶薄膜、多結晶薄膜、ないし多孔質薄膜、シリコン、ゲルマニウム、セレン、テルルなどの半導体微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、白金、金、パラジウムなどの貴金属微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、ルビー、アレキサンドライト、ガーネット、Nd:YAG、サファイア、Ti:サファイア、Nd:YLFなど、金属イオンをドープした宝石に相当する単結晶（いわゆるレーザー結晶）、金属イオン（例えば鉄イオン）をドープしたニオブ酸リチウム（LiNbO₃）、LiB₃O₅、LiTaO₃、KTiOPO₄、KH₂PO₄、KNbO₃、BaB₂O₂などの強誘電性結晶、金属イオン（例えばネオジウムイオン、エルビウムイオンなど）をドープした石英ガラス、ソーダガラス、ホウケイ酸ガラスその他のガラスなどのほか、マトリックス材料中に色素を溶解または分散したものを好適に使用することができる。

【0022】これらの中でも、マトリックス材料中に色素を溶解または分散したものは、マトリックス材料および色素の選択範囲が広く、かつ光学素子への加工も容易であるため、本発明で特に好適に用いることができる。

【0023】本発明で用いることのできる色素の具体例としては、例えば、ローダミンB、ローダミン6G、エオシン、フロキシンBなどのキサンテン系色素、アクリジンオレンジ、アクリジンレッドなどのアクリジン系色素、エチルレッド、メチルレッドなどのアゾ色素、ポルフィリン系色素、フタロシアニン系色素、3、3'—ジ

エチルチアカルボシアニンヨージド、3、3'－ジエチルオキサジカルボシアニンヨージドなどのシアニン色素などを好適に使用することができる。

【0024】本発明では、これらの色素を単独で、または、2種類以上を混合して使用することができる。

【0025】本発明で用いることのできるマトリックス材料は、(1)本発明の光制御方式で用いられる光の波長領域で透過率が高いこと、(2)本発明で用いられる色素または種々の微粒子を安定性良く溶解または分散できること、(3)光学素子としての形態を安定性良く保つことができること、という条件を満足するものであれば任意のものを使用することができる。

【0026】無機系のマトリックス材料としては、例えば金属ハロゲン化物の単結晶、金属酸化物の単結晶、金属カルコゲナイトの単結晶、石英ガラス、ソーダガラス、ホウケイ酸ガラスなどの他、いわゆるゾルゲル法で作成される低融点ガラス材料などを使用することができる。

【0027】また、有機系のマトリックス材料としては、例えば種々の有機高分子材料を使用することができる。有機高分子材料の具体例としては、ポリスチレン、ポリ(α-メチルスチレン)、ポリインデン、ポリ(4-メチル-1-ペンテン)、ポリビニルピリジン、ポリビニルホルマール、ポリビニルアセタール、ポリビニルブチラール、ポリ酢酸ビニル、ポリビニルアルコール、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリビニルメチルエーテル、ポリビニルエチルエーテル、ポリビニルベンジルエーテル、ポリビニルメチルケトン、ポリ(N-ビニルカルバゾール)、ポリ(N-ビニルピロリドン)、ポリアクリル酸メチル、ポリアクリル酸エチル、ポリアクリル酸、ポリアクリロニトリル、ポリメタクリル酸メチル、ポリメタクリル酸エチル、ポリメタクリル酸ブチル、ポリメタクリル酸ベンジル、ポリメタクリル酸シクロヘキシル、ポリメタクリル酸、ポリメタクリル酸アミド、ポリメタクリロニトリル、ポリアセトアルデヒド、ポリクロラール、ポリエチレンオキシド、ポリブロピレンオキシド、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリカーボネイト類(ビスフェノール類+炭酸)、ポリ(ジエチレングリコール・ビスアリルカーボネイト)類、6-ナイロン、6、6-ナイロン、12-ナイロン、6、12-ナイロン、ポリアスパラギン酸エチル、ポリグルタミン酸エチル、ポリリジン、ポリプロリン、ポリ(γ-ベンジル-γ-グルタメート)、メチルセルロース、エチルセルロース、ベンジルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、アセチルセルロース、セルローストリアセテート、セルローストリブチレート、アルキド樹脂(無水フタル酸+グリセリン)、脂肪酸変性アルキド樹脂(脂肪酸+無水フタル酸+グリセリン)、不飽和ポリエステル樹脂(無水マレイン酸+無水フタル

酸+プロピレングリコール)、エポキシ樹脂(ビスフェノール類+エピクロルヒドリン)、ポリウレタン樹脂、フェノール樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂、キシレン樹脂、トルエン樹脂、グアナミン樹脂などの樹脂、ポリ(フェニルメチルシラン)などの有機ポリシラン、有機ポリゲルマン、およびこれらの共重合・共重縮合体が挙げられる。また、二硫化炭素、四フッ化炭素、エチルベンゼン、パーグルオロベンゼン、パーグルオロシクロヘキサン、トリメチルクロロシランなどの、通常では重合性のない化合物をプラズマ重合して得た高分子化合物も使用することができる。

【0028】また、これらの有機高分子化合物に有機色素や光非線形効果を示す有機低分子化合物の残基をモノマー単位の側鎖として、あるいは架橋基として、共重合モノマー単位として、または、重合開始末端として結合させたものをマトリックス材料として使用することもできる。

【0029】一方、これらのマトリックス材料中へ色素を溶解または分散させるには公知の方法を用いることができる。例えば、色素とマトリックス材料を共通の溶媒中へ溶解して混合した後、溶媒を蒸発させて除去する方法、ゾルゲル法で製造する無機系マトリックス材料の原料溶液へ色素を溶解または分散させてからマトリックス材料を形成する方法、有機高分子系マトリックス材料のモノマー中へ、必要に応じて溶媒を用いて、色素を溶解または分散させてから該モノマーを重合ないし重縮合させてマトリックス材料を形成する方法、色素と有機高分子系マトリックス材料を共通の溶媒中に溶解した溶液を、色素および熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料の両方が不溶の溶剤中へ滴下し、生じた沈殿を濾別し乾燥してから加熱・溶融加工する方法などを好適に用いることができる。色素とマトリックス材料の組合せおよび加工方法を工夫することで、色素分子を凝集させ、「H会合体」や「J会合体」などと呼ばれる特殊な会合体を形成させることができることが知られているが、マトリックス材料中の色素分子をこのような凝集状態もしくは会合状態を形成する条件で使用しても良い。

【0030】また、これらのマトリックス材料中へ前記の種々の微粒子を分散させるには公知の方法を用いることができる。例えば、前記微粒子をマトリックス材料の溶液、または、マトリックス材料の前駆体の溶液に分散した後、溶媒を除去する方法、有機高分子系マトリックス材料のモノマー中へ、必要に応じて溶媒を用いて、前記微粒子を分散させてから該モノマーを重合ないし重縮合させてマトリックス材料を形成する方法、微粒子の前駆体として、例えば過塩素酸カドミウムや塩化金などの金属塩を有機高分子系マトリックス材料中に溶解または分散した後、硫化水素ガスで処理して硫化カドミウムの微粒子を、または、熱処理することで金の微粒子を、それぞれマトリックス材料中に析出させる方法、化学的

気相成長法、スパッタリング法などを好適に用いることができる。

【0031】なお、本発明で用いられる光応答性組成物は、その機能に支障をきたさない範囲において、加工性を向上させたり、光学素子としての安定性・耐久性を向上させるため、副成分として公知の酸化防止剤、紫外線吸収剤、一重項酸素クエンチャー、分散助剤などを含有しても良い。

【0032】【光応答性組成物、信号光の波長帯域、および制御光の波長帯域の組合せ】本発明の光制御方法で利用される光応答性組成物、信号光の波長帯域、および制御光の波長帯域は、これらの組合わせとして、使用目的に応じて適切な組合わせを選定し用いることができる。

【0033】具体的な設定手順としては、例えば、まず、使用目的に応じて信号光の波長ないし波長帯域を決定し、これを制御するのに最適な光応答性組成物と制御光の波長の組合わせを選定すれば良い。または、使用目的に応じて信号光と制御光の波長の組合わせを決定してから、この組合わせに適した光応答性組成物を選定すれば良い。

【0034】本発明で用いられる光応答性組成物の組成、および前記光応答性組成物から成る光学素子中を伝播する信号光および制御光の光路長については、これらの組合わせとして、光学素子を透過する制御光および信号光の透過率を基準にして設定することができる。例えば、まず、光応答性組成物の組成の内、少なくとも制御光あるいは信号光を吸収する成分の濃度を決定し、次いで、光学素子を透過する制御光および信号光の透過率が特定の値になるよう光学素子中を伝播する信号光および制御光の光路長を設定することができる。または、まず、例えば装置設計上の必要に応じて、光路長を特定の値に設定した後、光学素子を透過する制御光および信号光の透過率が特定の値になるよう光応答性組成物の組成を調整することができる。

【0035】本発明は、できる限り低い光パワーで充分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すような光制御方法および光制御装置を提供することを目的としているが、この目的を達成するために最適な、光学素子を透過する制御光および信号光の透過率の値は、それぞれ、次に示す通りである。

【0036】本発明の光制御方法および光制御装置では、光学素子を伝播する制御光の透過率が多くとも90%以下になるよう光応答性組成物中の光吸収成分の濃度および存在状態の制御、光路長の設定を行うことが推奨される。

【0037】ここで、制御光の照射によって信号光の透過率が減少する方向の光応答を利用しようとする場合、制御光を照射しない状態において、光学素子を伝播する信号光の透過率が少なくとも10%以上になるよう光応

答性組成物中の光吸収成分の濃度および存在状態の制御、光路長の設定を行うことが推奨される。

【0038】【光学素子】本発明で用いられる光学素子の形態は、本発明の光制御装置の構成に応じて、薄膜、厚膜、板状、ブロック状、円柱状、半円柱状、四角柱状、三角柱状、凸レンズ状、凹レンズ状、マイクロレンズアレイ状、ファイバー状、マイクロチャンネルアレイ状、および光導波路型などの中から適宜選択することができる。本発明で用いられる光学素子の作成方法は、光学素子の形態および使用する光応答組成物の種類に応じて任意に選定され、公知の方法を用いることができる。

【0039】例えば、薄膜状の光学素子を例えば色素とマトリックス材料から製造する場合、色素およびマトリックス材料を溶解した溶液を例えばガラス板上に塗布法、ブレードコート法、ロールコート法、スピンドルコート法、ディッピング法、スプレー法などの塗工法で塗工するか、あるいは、平版、凸版、凹版、孔版、スクリーン、転写などの印刷法で印刷すれば良い。この場合、ソルゲル法による無機系マトリックス材料作成方法を利用することもできる。

【0040】例えば、用いる有機高分子系マトリックス材料が熱可塑性の場合、ホットプレス法（特開平4-99609号公報）や延伸法を用いても薄膜ないし厚膜状の膜型光学素子を作成することができる。

【0041】板状、ブロック状、円柱状、半円柱状、四角柱状、三角柱状、凸レンズ状、凹レンズ状、マイクロレンズアレイ状の光学素子を作成する場合は、例えば有機高分子系マトリックス材料の原料モノマーに色素を溶解または分散させたものを用いてキャスティング法やリアクション・インジェクション・モールド法で成型することができる。また、熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料を用いる場合、色素を溶解または分散したペレットまたは粉末を加熱溶融させてから射出成形法で加工しても良い。

【0042】ファイバー状の光学素子は、例えば、金属イオンをドープした石英ガラスを溶融延伸してファイバ化する方法、ガラスキャビラリー管の中に有機高分子系マトリックス材料の原料モノマーに色素を溶解または分散させたものを流し込むか、または、毛管現象で吸い上げたものを重合させる方法、または、色素を溶解または分散させた熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料の円柱、いわゆるプリフォームをガラス転移温度よりも高い温度まで加熱、糸状に延伸してから、冷却する方法などで作成することができる。

【0043】上記のようにして作成したファイバー状の光学素子を多数束ねて接着ないし融着処理してから薄片状ないし板状にスライスすることによりマイクロチャンネルアレイ型の光学素子を作成することもできる。

【0044】導波路型の光学素子は、例えば、基板上に作成した溝の中に有機高分子系マトリックス材料の原料

モノマーに色素を溶解または分散させたものを流し込んでから重合させる方法、または、基板上に形成した薄膜状光学素子をエッティングして「コア」パターンを形成し、次いで、色素を含まないマトリックス材料で「クラッド」を形成する方法によって作成することができる。

【0045】【作用】本発明の光制御方法および光制御装置では、制御光および信号光をそれぞれ収束させ、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が光学素子中において互いに重なり合うようにすることにより、前記光学素子の光応答性組成物中の励起種（例えば色素分子、金属イオンなど）と前記制御光および前記信号光の光子の相互作用効率を著しく向上させることが可能となり、その結果、従来に比べ低い光パワーで充分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すことが可能になる。

【0046】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明の実施の形態について説明する。

【0047】【実施例1】図1には本実施例の光制御装置の概略構成が示されている。このような光学装置構成および配置は、図1に例示するように膜型光学素子8を用いる場合の他、図2に例示するようにファイバー型光学素子12を用いる場合にも、光導波路型（図示せず）、マイクロチャンネルアレイ型（図示せず）などの光学素子を用いる場合にも好適に用いることができる。

【0048】ここで、膜型光学素子8は例えば以下の手順で作成することができる。すなわち、シアニン色素の3、3' -ジエチルオキサジカルボシアニンヨージド（慣用名DODCI、エキシトン社製）：23.0mgおよびポリメタクリル酸2-ヒドロキシプロピル：19.77.0mgをアセトン：200mlに溶解し、n-ヘキサン：300ml中へかき混ぜながら加えて析出した沈殿（色素およびポリマーの混合物）を濾別し、n-ヘキサンで洗浄してから減圧下乾燥し、粉碎した。得られた色素およびポリマーの混合粉末を10⁻⁵Pa未満の超高真空中、100°Cで2日間加熱を続け、残留溶媒等の揮発成分を完全に除去して、光応答性組成物の粉末を得た。この粉末20mgをスライドガラス（25mm×76mm×厚さ1.150mm）およびカバーガラス（18mm×18mm×厚さ0.150mm）の間に挟み、真空中150°Cに加熱し、2枚のガラス板を圧着する方法（真空ホットプレス法）を用いてスライドガラス/カバーガラス間に色素/ポリマーの膜（膜厚50μm）を作成した。なお、色素/ポリマー膜中の色素濃度は、色素/ポリマー混合物の密度を1.06として計算すると、2.5×10⁻²mol/lである。

【0049】以上のようにして作成した膜型光学素子の透過率スペクトルを図3に示す。この膜の透過率は制御光の波長（633nm）で38.0%、信号光の波長

（694nm）で90.5%であった。

【0050】図1に概要を例示する本発明の光制御装置は、制御光の光源1、信号光の光源2、NDフィルター3、シャッター4、半透過鏡5、光混合器6、集光レンズ7、膜型光学素子8、受光レンズ9、波長選択透過フィルター20、光検出器11および22、並びにオシロスコープ100から構成される。これらの光学素子ないし光学部品の内、制御光の光源1、信号光の光源2、光混合器6、集光レンズ7、膜型光学素子8、受光レンズ9、および、波長選択透過フィルター20は、図1の装置構成で本発明の光制御方法を実施するために必須の装置構成要素である。なお、NDフィルター3、シャッター4、および半透過鏡5は必要に応じて設けるものであり、また、光検出器11および22、並びにオシロスコープ100は、本発明の光制御方法を実施するためには必要ないが光制御の動作を確認するための電子装置として、必要に応じて用いられる。

【0051】次に、個々の構成要素の特徴ならびに動作について説明する。

【0052】制御光の光源1にはレーザー装置が好適に用いられる。その発振波長および出力は、本発明の光制御方法が対象とする信号光の波長および使用する光応答性組成物の応答特性に応じて適宜選択される。レーザー発振の方式については特に制限はなく、発振波長帯域、出力、および経済性などに応じて任意の形式のものを用いることができる。また、レーザー光源の光を非線形光学素子によって波長変換してから使用しても良い。具体的には例えば、アルゴンイオンレーザー（発振波長457.9ないし514.5nm）、ヘリウム・ネオンレーザー（633nm）などの気体レーザー、ルビーレーザーやNd:YAGレーザーなどの固体レーザー、色素レーザー、半導体レーザーなどを好適に使用することができる。信号光の光源2にはレーザー光源からのコヒーレント光だけではなく非コヒーレント光を使用することもできる。また、レーザー装置、発光ダイオード、ネオン放電管など、単色光を与える光源の他、タンゲステン電球、メタルハライドランプ、キセノン放電管などからの連続スペクトル光を光フィルターやモノクロメーターで単色化して用いても良い。

【0053】先に述べたように、本発明の光制御方法で利用される光応答性組成物、信号光の波長帯域、および制御光の波長帯域は、これらの組合せとして、使用目的に応じて適切な組合せが選定され、用いられる。以下、信号光の光源2として半導体レーザー（発振波長694nm、連続発振出力3mW、ビーム直径8mmのガウスビーム）と、制御光の光源1としてヘリウム・ネオンレーザー（発振波長633nm、ビーム直径1mmのガウスビーム）と、前記光応答性組成物からなる膜型光学素子8と、を用いた場合についての実施例を説明する。

【0054】NDフィルター3は必ずしも必要ではないが、装置を構成する光学部品や光学素子へ必要以上に高いパワーのレーザー光が入射するのを避けるため、または、本発明の光学素子の光応答性能を試験するにあたり、制御光の光強度を増減するために有用である。但し、この実施例では後者の目的で数種類のNDフィルターを交換して使用することとしている。

【0055】シャッター4は、制御光として連続発振レーザーを用いた場合に、これをパルス状に明滅させるために用いられるものであり、本発明の光制御方法を実施する上で必須の装置構成要素ではない。すなわち、制御光の光源1がパルス発振するレーザーであり、そのパルス幅および発振間隔を制御できる形式の光源である場合や、適当な手段で予めパルス変調されたレーザー光を光源1として用いる場合は、シャッター4を設けなくても良い。

【0056】シャッター4を使用する場合、その形式としては任意のものを使用することができ、例えば、オティカルショッパ、メカニカルシャッター、液晶シャッター、光効果シャッター、ポッケルセルなどを、シャッター自体の作動速度を勘案して適時選択して使用することができる。

【0057】半透過鏡5は、この実施例において、本発明の光制御方法の作用を試験するにあたり、制御光の光強度を常時見積もるために用いるものであり、光分割比は任意に設定可能である。

【0058】光検出器11および22は、本発明の光・光制御による光強度の変化の様子を電気的に検出して検証するため、また、本発明の光学素子の機能を試験するために用いられる。光検出器11および22の形式は任意であり、検出器自体の応答速度を勘案して適時選択して使用することができ、例えば、光電子増倍管やフォトダイオード、フォトトランジスターなどを使用することができる。

【0059】前記光検出器11および22の受光信号はオシロスコープ100などの他、AD変換器とコンピューターの組合せ（図示せず）によってモニターすることができる。

【0060】光混合器6は、前記光学素子中を伝播していく制御光および信号光の光路を調節するために用いるものであり、本発明の光制御方法および光制御装置を実施するに当たり重要な装置構成要素の一つである。偏光ビームスプリッター、非偏光ビームスプリッター、またはダイクロイックミラーのいずれも使用することができ、光分割比についても任意に設定可能である。

【0061】集光レンズ7は、信号光および制御光に共通の収束手段として、光路が同一になるように調節された信号光および制御光を収束させて前記光学素子へ照射するためのものであり、本発明の光制御方法および光制御装置の実施に必須な装置構成要素の一つである。な

お、集光レンズ以外の光収束手段については、後の実施例で述べる。集光レンズの焦点距離、開口数、F値、レンズ構成、レンズ表面コートなどの仕様については任意のものを適宜使用することができる。

【0062】この実施例では集光レンズ7として、焦点距離5mm、開口数0.65の顕微鏡用対物レンズを用いた。

【0063】受光レンズ9は、収束されて光学素子8へ照射され、透過してきた信号光および制御光を平行ビームまたは収束ビームに戻すための手段であり、この目的に適合するものであれば、任意の仕様のレンズを用いることができる。また、集光レンズの代りに凹面鏡を用いることも可能である。

【0064】波長選択透過フィルター20は、図1の装置構成で本発明の光制御方法を実施するために必須の装置構成要素の一つであり、前記光学素子中の同一の光路を伝播してきた信号光と制御光とから信号光のみを取り出すための手段の一つとして用いられる。

【0065】波長の異なる信号光と制御光とを分離するための手段としては他に、プリズム、回折格子、ダイクロイックミラーなどを使用することができる。

【0066】図1の装置構成で用いられる波長選択透過フィルター20としては、制御光の波長帯域の光を完全に遮断し、一方、信号光の波長帯域の光を効率良く透過することができるような波長選択透過フィルターであれば、公知の任意のものを使用することができる。例えば、色素で着色したプラスチックやガラス、表面に誘電体多層蒸着膜を設けたガラスなどを用いることができる。

【0067】以上のような構成要素から成る図1の光学装置において、光源1から出射された制御光の光ビームは、透過率を加減することによって透過光強度を調節するためのNDフィルター3を通過し、次いで制御光をパルス状に明滅するためのシャッター4を通過して、半透過鏡5によって分割される。

【0068】半透過鏡5によって分割された制御光の一部は光検出器11によって受光される。ここで、光源2を消灯、光源1を点灯し、シャッター4を開放した状態において光学素子8への光ビーム照射位置における光強度と光検出器11の信号強度との関係を予め測定して検量線を作成しておけば、光検出器11の信号強度から、光学素子8に入射する制御光の光強度を常時見積もることが可能になる。この実施例では、NDフィルター3によって、膜型光学素子8へ入射する制御光のパワーを0.5mWないし25mWの範囲で調節した。

【0069】半透過鏡5で分割・反射された制御光は、光混合器6および集光レンズ7を通って、収束された状態で光学素子8に照射される。膜型光学素子8を通過した制御光の光ビームは、受光レンズ9を通過した後、波長選択透過フィルター20によって遮断される。

【0070】光源2から出射された信号光の光ビームは、前記光混合器6によって、制御光と同一光路を伝播するよう混合され、集光レンズ7を経由して、膜型光学素子8に収束・照射され、素子を通過した光は受光レンズ9および波長選択透過フィルター20を透過した後、光検出器22にて受光される。

【0071】図1の光学装置を用いて光・光制御の実験を行った結果、図4に示すような光強度変化が観測された。実験の詳細は以下に述べる通りである。

【0072】まず、制御光の光ビームと信号光の光ビームとが、膜型光学素子8内部の同一領域で焦点Fcを結ぶように、それぞれの光源からの光路、光混合器6、および集光レンズ7を調節した。なお、前記膜型光学素子8のカバーガラス側から信号光および制御光が入射し、スライドガラス基板側から出射するような向きに光学素子を配置した。次いで、波長選択フィルター20の機能を点検した。すなわち、光源2を消灯した状態で、光源1を点灯し、シャッター4を開閉した場合には光検出器22に応答が全く生じないことを確認した。

【0073】シャッター4を閉じた状態で制御光の光源1を点灯し、次いで、時刻t1において光源2を点灯し光学素子8へ信号光を照射すると、光検出器22の信号強度はレベルCからレベルAへ増加した。

【0074】時刻t2においてシャッター4を開放し、光学素子8内部の信号光が伝播しているのと同一の光路へ制御光を収束・照射すると光検出器22の信号強度はレベルAからレベルBへ減少した。この変化の応答時間は2マイクロ秒未満であった。

【0075】時刻t3においてシャッター4を閉じ、光学素子への制御光照射を止めると光検出器22の信号強度はレベルBからレベルAへ復帰した。この変化の応答時間は3マイクロ秒未満であった。

【0076】時刻t4においてシャッター4を開放し、ついで、時刻t5において閉じると、光検出器22の信号強度はレベルAからレベルBへ減少し、次いでレベル

Aへ復帰した。

【0077】時刻t6において光源2を消灯すると光検出器22の出力は低下し、レベルCへ戻った。

【0078】以上まとめると、膜型光学素子8へ、入射パワー0.5mWないし25mWの制御光を図4の111に示すような波形で表される光強度の時間変化を与えて照射したところ、信号光の光強度をモニターして示す光検出器22の出力波形は図4の222に示すように、制御光の光強度の時間変化に対応して可逆的に変化した。すなわち、制御光の光強度の増減または断続により信号光の透過を制御すること、すなわち光で光を制御すること（光・光制御）、または、光で光を変調すること（光・光変調）ができることが確認された。

【0079】なお、制御の光の断続に対応する信号光の光強度の変化の程度は、前記の光検出器22の出力レベルA、BおよびCを用いて次に定義される値 ΔT [単位%]

$$【数1】 \Delta T = 100 \left[(A - B) / (A - C) \right]$$

によって定量的に比較することができる。ここで、Aは制御光を遮断した状態で信号光の光源2を点灯した場合の光検出器22の出力レベル、Bは信号光と制御光を同時に照射した場合の光検出器22の出力レベル、Cは信号光の光源2を消灯した状態の光検出器22の出力レベルである。例えば、光応答が最大の場合、レベルBはレベルCと同一になり、 ΔT は最大値100%になる。一方、光応答が検出されない場合、レベルBはレベルAと同一となり、 ΔT は最小値0%となる。

【0080】膜型光学素子8への制御光入射パワーを3.0mWから24mWの範囲で変化させて光応答 ΔT の大小を比較したところ表1に掲げるような結果が得られた。すなわち、光源1から光学素子への入射パワーが5.0mWという比較的小さい値のときでも、 $\Delta T = 36\%$ という比較的大きな光応答を与えることが判った。

【0081】

【表1】

| 制御光 (633 nm) 入射パワー / mW | 信号光 (694 nm) 光応答 $\Delta T / \%$ |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 3.0 | 27 |
| 5.0 | 36 |
| 10.0 | 57 |
| 15.0 | 71 |
| 20.0 | 79 |
| 24.0 | 83 |

【比較例1】色素を用いずにポリメタクリル酸2-ヒドロキシプロピルのみを用いた他は実施例1と同様にしてマトリックス材料単独の薄膜（膜厚50 μm）を作成し、この薄膜について実施例1と同様にして光応答の評価試験を行ったが、制御光（波長633 nm）の光を断続しても信号光（波長694 nm）の光強度は全く変化しなかった。即ち、マトリックス材料単独では光応答は全く観測されないことが確認された。従って、実施例1で観察された光応答は、前記光学素子中に存在する色素に起因することは明らかである。

【0082】【実施例2】本発明の光制御方法および光制御装置において光応答を大きくするためには前記制御光および前記信号光を各々収束させて前記光学素子へ照射し、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置すれば良いが、そのためには信号光および制御光を実質的に同一光路で伝播させることができが好ましい。なお、前記制御光および前記信号光の電場の振幅分布がガウス分布となっているガウスビームの場合、集光レンズ7などで、開き角2θで収束させたときの焦点Fc近傍におけるビームおよび波面30の様子を図10に示す。ここで、波長入のガウスビームの直径2ω0が最小になる位置、すなわちビームウェストの半径ω0は次の式で表される。

【0083】

$$【数2】 \omega_0 = \lambda / (\pi \cdot \theta)$$

例えば、実施例1で用いた集光レンズ（焦点距離5m m、開口数0.65）で波長633 nm、ビーム直径1

mmの制御光を収束したときのビームウェストの半径は2.02 μm、同様にして波長694 nm、ビーム直径8 mmの信号光を収束したときのビームウェストの半径は0.327 μm（ほぼ回折限界）と計算される。

【0084】図5に示すように、信号光および制御光が「実質的に同一光路」と看做すことができる次のような場合である：

- 1) 制御光と信号光の光軸が互いに平行であって、制御光の光路、例えば断面L02（半径r2）の中に信号光の光路、例えば断面L+1、L01、またはL-1（半径r1 : r1 ≤ r2）が重なって伝搬する場合、
- 2) 制御光と信号光の光軸が互いに平行であって、信号光の光路、例えば断面L02（半径r2）の中に制御光の光路、例えば断面L+1、L01、またはL-1（半径r1 : r1 ≤ r2）が重なって伝搬する場合、
- 3) 制御光と信号光の光軸が互いに平行（光軸間の距離l+1、l-1、またはl+1+l-1）であって、制御光の光路が断面L+1、L01、またはL-1のいずれか、信号光の光路も断面L+1、L01、またはL-1のいずれかである場合。

【0085】以下の表2のデータは、一例として、実施例1の装置において、信号光の光路を断面L02（直径8 mm）に固定し、断面L+1、L01、またはL-1（直径1 mm）の制御光の光路（光軸）を光軸間の距離l+1またはl-1として0.9ないし1.2 mm平行移動した場合の、信号光・光応答の大きさΔTの変化を示したものである。

【0086】

【表2】

| 制御光 (633 nm) の 平行移動距離 l / mm | 信号光 (694 nm) 光応答 $\Delta T / \%$ |
|--|-------------------------------------|
| -0.9 | 68 |
| -0.6 | 82 |
| -0.3 | 84 |
| 0.0 | 88 |
| +0.3 | 84 |
| +0.6 | 81 |
| +0.9 | 67 |
| +1.2 | 32 |

信号光および制御光の光軸が完全に一致している場合の光応答が最大であるが、光軸間の距離 $l +1$ または $l -1$ が $\pm 0.6 \text{ mm}$ 程度ずれても、光応答の大きさ ΔT は 7 ポイントほど変化するにすぎない。

【0087】即ち、収束された信号光および制御光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域（ビームウエスト）が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路がそれぞれ配置され、これらの領域の重なりあいが最大になったとき、すなわち、前記制御光および前記信号光の光軸が完全に一致したとき前記光応答は最大になること、前記制御光および前記信号光の光路が実質的に同一のとき、充分大きな光応答が得られることが判った。

【0088】【実施例3】実施例1および2の装置配置（図1）においては膜型光学素子8を透過した信号光のビームを受光レンズで平行ビームに戻して、信号光の光束のすべてが光検出器22へ入射するよう調節している。このような装置・光学部品配置においては前述のように、前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答222が観察される。

【0089】ここで、光応答性光学素子を透過した信号光の光束の一部分、例えば、光束の中心部分（ビーム半径の数割程度）のみを検出器22へ入射するように装置を調整すると、以下に述べるように、前記制御光による前記信号光の光束密度変調、特に、信号光の照射に対応して信号光のみかけの強度が増大する方向の光応答223を取り出すことが可能になる。

【0090】光検出器22への入射光量を制限し、信号

光の一部分、例えば中心部分だけが入射するようにするためには、図6に示すように、次のような方法がある：

1) 集光レンズ7と光応答性薄膜8の距離 d_{78} を変化させる。

【0091】2) 受光レンズ9と光応答性薄膜8の距離 d_{89} を変化させる。

【0092】3) 絞り19を用いる。

【0093】制御光の照射によって、信号光の屈折率が変化して、ビーム中心部分の光束密度が高まれば、検出器22の信号強度は増大する。即ち、制御光の照射によって、「みかけの透過率」が増大する方向の光応答が観測される。

【0094】例えば、実施例1の装置配置および諸条件において、まず、受光レンズ9と膜型光学素子8との距離 d_{89} を変えて、膜型光学素子8を透過した信号光の光束の中心部分（ビーム半径の約30%）のみが光検出器22へ入射するよう調節した。次いで、集光レンズ7および受光レンズ9の間隔を固定したまま、膜型光学素子8と集光レンズ7の距離 d_{78} を変化させ、同一の光路で収束された制御光および信号光の焦点位置と膜型光学素子8との位置関係を変化させたところ、膜型光学素子8を、上記の透過率低下方向の光応答性が最も大きく観測される位置を基準として、集光レンズ7側へ0.1 mm近づけた位置、および集光レンズ7側から1.2 mm遠ざけた位置で、信号光の強度が増大する方向の光応答が観測された。なお、ここでは前記膜型光学素子8のカバーガラス側から信号光および制御光が入射し、スライドガラス基板側から出射するような向きに光学素子を配置

した。

【0095】更にここで、同一の光路で収束された制御光と信号光の焦点位置と光学素子の位置関係を変化させる方法としては、例えば精密ねじによる微動機構を設けた架台、圧電素子アクチュエータを設けた架台、または超音波アクチュエータを設けた架台などの上に膜型光学素子8を取り付けて上記のように移動させる他、集光レンズ7の材質に非線形屈折率効果の大きいものを用いて制御光パルスのパワー密度を変えて焦点位置を変化させる方法、集光レンズ7の材質に熱膨張係数の大きいものを用いて加熱装置で温度を変えて焦点位置を変化させる方法などを用いることができる。

【0096】【実施例4】図7には本実施例の光制御装置の概略構成が示されている。このような光学装置構成および配置は、図7に例示するような膜型光学素子8の他に、ファイバー型、光導波路型、マイクロチャンネルアレイ型などの光学素子を用いる場合にも好適に用いることができる。

【0097】光源1および2、NDフィルター3、シャッター4、光検出器11および22、膜型光学素子8、波長選択フィルター20、およびオシロスコープ100については実施例1(図1)と同様のものを同様にして用いた。

【0098】図7に示すような配置でダイクロイックミラー21を用いることで、制御光を分割して、その光強度を光検出器11でモニターすると同時に、制御光と信号光の光路を重ね合わせることができ、図1の配置で必要な光混合器6を省略することができる。ただし、図7の配置においては、ダイクロイックミラー21の波長選択透過および反射を補完するために、信号光を完全に遮断し制御光だけを透過させるような波長選択透過フィルター10を光検出器11の前に設けることが好ましい。また、信号光および/または制御光が光源1および2へ戻り、光源装置に悪影響を与えるのを避けるため、必要に応じて、光アイソレーター13および14を、それぞれ光源1および2の前に設けても良い。

【0099】光路を一致させた信号光および制御光と一緒に収束させて膜型光学素子8へ照射する際の光収束手段として、集光レンズ7および受光レンズ9の代りに、図7のような配置において凹面鏡15を用いることができる。信号光と制御光に共通の収束手段としてレンズを用いる場合、厳密には波長によって焦点距離が異なるという問題が生じるが、凹面鏡ではその心配がない。

【0100】図7に例示するような、本発明の光制御装置において必須の装置構成要素は光源1および2、ダイクロイックミラー21、波長選択透過フィルター20、凹面鏡15、および膜型光学素子8である。

【0101】なお、図7におけるダイクロイックミラー21の代りに偏光または非偏光のビームスプリッターを用いることもできる。

【0102】本発明の光制御方法を図7に示すような装置で行う場合の手順として、まず、制御光(光源1)と信号光(光源2)の光路が一致し、共通の焦点(ビームエスト)位置に光学素子8が配置されるよう調節を行い、次いで、ダイクロイックミラー21ならびに波長選択透過フィルター10および20の機能を点検するため、光源1と2を交互に点灯し、光源1のみ点灯(シャッター4開放)したとき光検出器22に応答がないこと、および光源2のみを点灯したとき光検出器11に応答がないことを確認した。

【0103】以下、実施例1の場合と同様にして、前記膜型光学素子8を用いた光・光制御方法を実施し、実施例1の場合と同等の実験結果を得た。

【0104】【実施例5】図8には本実施例の光制御装置の概略概要が示されている。図1、図2、および図7に例示した装置構成では、信号光と制御光を同じ方向から光応答性光学素子へ照射させているのに比較して、図8では信号光と制御光を反対方向から、光軸を一致させて同一の焦点で収束するように照射している点に特徴がある。

【0105】このような光学装置構成および配置は、図8に例示するような膜型光学素子8の他に、ファイバー型、光導波路型、マイクロチャンネルアレイ型などの光学素子を用いる場合にも好適に用いることができる。

【0106】図8に例示する装置構成において光源1および2、NDフィルター3、シャッター4、集光レンズ7、膜型光学素子8、波長選択透過フィルター10および20、光検出器11および22、光アイソレーター13および14、およびオシロスコープ100については実施例1(図1)および/または実施例4(図7)と同様のものを同様にして用いることができる。

【0107】図8に示すような配置で2枚のダイクロイックミラー(23および24)を用いることで、信号光と制御光を反対方向から、光軸を一致させて同一の焦点で収束するように照射することができる。なお、2つの集光レンズ7は、光学素子を透過してきた制御光および信号光をそれぞれ平行ビームへ戻すための受光レンズ9としての役割を兼ねている。

【0108】図8に例示するような、本発明の光制御装置において必須の装置構成要素は光源1および2、2枚のダイクロイックミラー(23および24)、波長選択透過フィルター10および20、2つの集光レンズ7、および膜型光学素子8である。

【0109】なお、図8におけるダイクロイックミラー(23および24)の代りに偏光または非偏光ビームスプリッターを用いることもできる。

【0110】本発明の光制御方法を図8に示すような装置で行う場合の手順として、まず、制御光(光源1)と信号光(光源2)の光路が一致し、共通の焦点位置に光学素子8が配置されるよう調節を行い、次いで、波長選

選透過フィルター10および20の機能を点検するため、光源1と2を交互に点灯し、光源1のみ点灯（シャッター4開放）したとき光検出器22に応答がないこと、および光源2のみを点灯したとき光検出器11に応答がないことを確認した。

【0111】以下、実施例1の場合と同様にして、前記膜型光学素子8を用いた光・光制御方法を実施し、実施例1の場合と同等の実験結果を得た。

【0112】【比較例2】従来の技術に基づく比較実験を行うため、特開昭53-137884号公報、特開昭63-231424号公報、および特開昭64-73326号公報の記述に従い、図9に概要を示すような構成の装置を用い、光制御を試みた。すなわち、光路長1cmの石英製溶液セル17に絞り19を通した信号光の光源2からの半導体レーザー光（波長694nm）を照射し、透過した光を波長選択透過フィルター20を経由して光検出器22で受光し、一方、溶液セル17を透過する信号光の光路全体に、信号光に直交する方向から制御光を、投射レンズ16を用いて拡散させて照射した。図9の装置構成において、信号光の光源1（波長633nm）、NDフィルター3、シャッター4、半透過鏡5、および、光検出器11の役割および仕様は実施例1の場合と同様である。なお、波長選択透過フィルター20は溶液セル17から散乱してくる制御光が光検出器22に入射するのを防ぐものであり、実施例1で用いたのと同様のものを用いることができる。

【0113】色素としては実施例1と同様にシアニン色素DODCIを用い、まず、メタノール溶液を溶液セル17に充填して試験した。色素濃度については、光路長の相違、すなわち実施例1の場合の光路長50μmに対して200倍の光路長1cmであることを勘案し、実施例1の場合の200分の1の濃度（ $1.25 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ ）に設定し、実効的な透過率が実施例1の場合と同等になるよう調節した。実施例1の場合と同様に、NDフィルター3によって、光学素子（溶液セル17）へ入射する制御光のパワーを0.5mWないし25mWの範囲で調節し、制御光をシャッター4を用いて明滅させた。しかしながら、制御光のパワーを最大にしても光

検出器22へ入射する信号光の強度は全く変化しないという結果が得られた。すなわち、制御光のパワーを0.5mWないし25mWの範囲で調節した限りでは、図9の装置構成・装置配置において光・光制御は実現できなかつた。

【0114】次いで、溶液試料の代りに、固体素子として、シアニン色素DODCIを濃度 $1.25 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ でメタクリル酸2-ヒドロキシプロピル・モノマー中へ溶解し、モノマーを重合させて直方体型光学素子（光路長1cm）に加工したものを溶液セル17の代わりに置いて、溶液試料の場合と同様に試験した。その結果、固体素子を用いた場合も、制御光のパワーを0.5mWないし25mWの範囲で調節した限りでは、図9の装置構成・装置配置において光・光制御は実現できなかつた。

【0115】【実施例6】実施例1の場合と同様に、図1に例示するような装置構成、制御光の光源1としてヘリウム・ネオンレーザー（波長633nm）、信号光の光源2として半導体レーザー（波長694nm）、集光レンズ7として、焦点距離5mm、開口数0.65の顕微鏡用対物レンズを用い、種々透過率を変えて作成した膜型光学素子8を用いて、光学素子の透過率と光応答の大きさ ΔT の関係を調べた。なお、制御光のパワーは10mWとし、制御光の照射によって信号光の透過率が減少する方向の光応答の大きさを測定した。

【0116】膜型光学素子8の試料は実施例1に例示したのと同様な方法で作成した。ただし、色素としてDODCIのアニオン部分（I⁻）をテトラフルオロボラート（BF₄⁻）に変えたものを用い、色素濃度は $2.5 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ とし、色素/ポリマー膜の膜厚を20μmから100μmの範囲で変えて透過率の異なるものを作成して試料とした。

【0117】制御光および信号光それぞれの透過率、および、信号光の透過率が減少する方向の光応答の大きさ ΔT の測定結果は表3に掲げる通りであった。

【0118】

【表3】

| 制御光 (633 nm) 透過率/% | 信号光 (694 nm) 透過率/% | 信号光 (694 nm) 光応答ΔT/% |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 18 | 90 | 63 |
| 28 | 91 | 55 |
| 38 | 91 | 43 |
| 48 | 90 | 35 |
| 58 | 91 | 29 |
| 70 | 91 | 24 |

いずれの試料においても信号光 (694 nm) の透過率は90ないし91%であったが、制御光 (633 nm) の透過率を18%ないし70%の範囲で変えた場合、制御光の透過率が小さい程、すなわち制御光の波長における光吸収が大きい程、信号光の透過率が減少する方向の光応答ΔTが大きくなることが確認された。

【0119】なお、試料の膜厚を更に薄くして、制御光の透過率90%の場合について試験したが、光応答は僅かに検出されるものの、定量的測定は困難であった。

【0120】【実施例7】実施例6の場合と同様にして、種々透過率を変えて作成した膜型光学素子8を用いて、光学素子の透過率と光応答の大きさΔTの関係を調べた。

【0121】但し、色素としてシアニン色素のクリプトシアニン（東京化成製）を用い、色素ノポリマー膜の膜厚は約50μmとし、色素濃度を $1 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ ないし $2.5 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ の範囲で変えて透過率の異なるものを作成して試料とした。また、信号光の光源2として発振波長830nmの半導体レーザー（連続発振出力2W、ビーム直径6mmのガウスビーム）を用いた。

【0122】制御光および信号光それぞれの透過率、および、信号光の透過率が減少する方向の光応答の大きさΔTの測定結果は表4に掲げる通りであった。

【0123】

【表4】

| 制御光 (633 nm) 透過率/% | 信号光 (830 nm) 透過率/% | 信号光 (830 nm) 光応答ΔT/% |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 0.02 | 80 | 73 |
| 0.01 | 60 | 69 |
| 0.02 | 39 | 64 |
| 0.01 | 21 | 35 |
| 0.01 | 16 | 29 |
| 0.01 | 6 | (検出されず) |

いずれの試料においても制御光 (633 nm) の透過率は0.02%以下であったが、信号光 (830 nm) の透過率を6%ないし80%の範囲で変えた場合、信号光

の透過率が大きい程、すなわち信号光の波長における光吸収が小さい程、信号光の透過率が減少する方向の光応答ΔTが大きくなることが確認された。なお、信号光の

透過率6%の場合、光応答は検出限界未満であった。

【0124】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の光制御方法および光制御装置によれば、例えば、可視領域にあるレーザー光を制御光として、近赤外線領域にある信号光を効率良く変調することが、極めて単純な光学装置によって、電子回路などを一切用いることなく、実用上充分な応答速度において実現可能になる。

【0125】また、本発明の光制御方法および光制御装置を用いた可視光線レーザーによる近赤外線レーザーの直接変調は、例えば、ポリメチルメタクリレート系プラスチック光ファイバー中を伝搬させるのに適した可視光線レーザーによって、空気中を伝搬させるのに適した近赤外線レーザーを直接変調するような用途において極めて有用である。また、例えば光コンピューティングの分野において新しい光演算方式を開発する上で役立つと期待される。

【0126】更に、本発明の光制御方法および光制御装置によれば、光学素子として色素をマトリックス材料中に溶解または分散させた光応答性組成物から成る光学素子を用いることができ、前記光学素子に用いられる材料の選択範囲を広げ、かつ光学素子への加工を容易にし、産業界への利用の道を広く拓くことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

【図2】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

【図3】 実施例1の膜型光学素子の透過率スペクトルである。

【図4】 制御光および信号光の光強度時間変化を例示した図である。

【図5】 制御光および信号光の光路（および光軸）の関係を例示した図である。

【図6】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

【図7】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

【図8】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

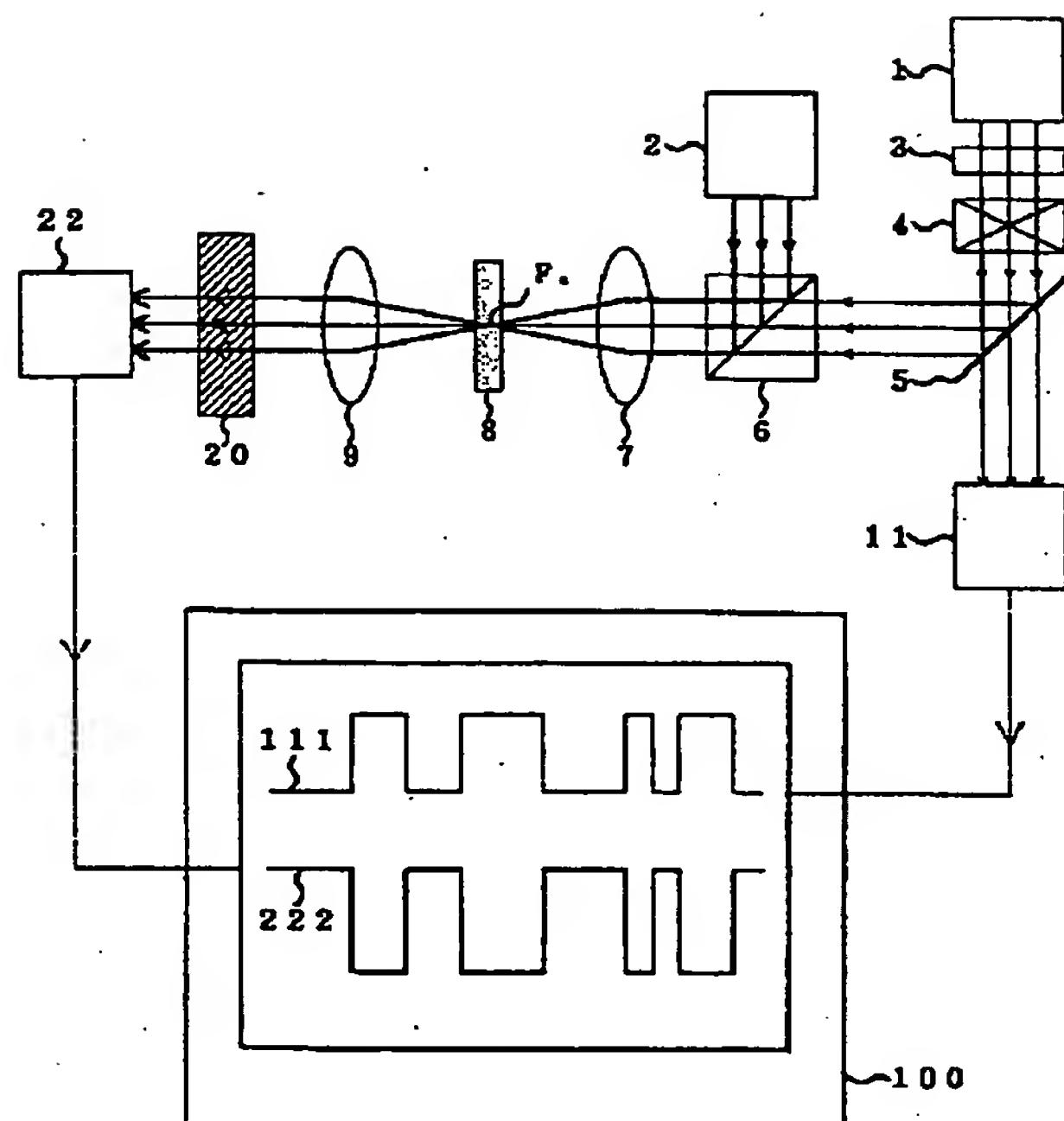
【図9】 従来技術で用いられている装置構成を例示した構成図である。

【図10】 集光レンズなどで収束されたガウスビームの焦点近傍における様子を表した模式図である。

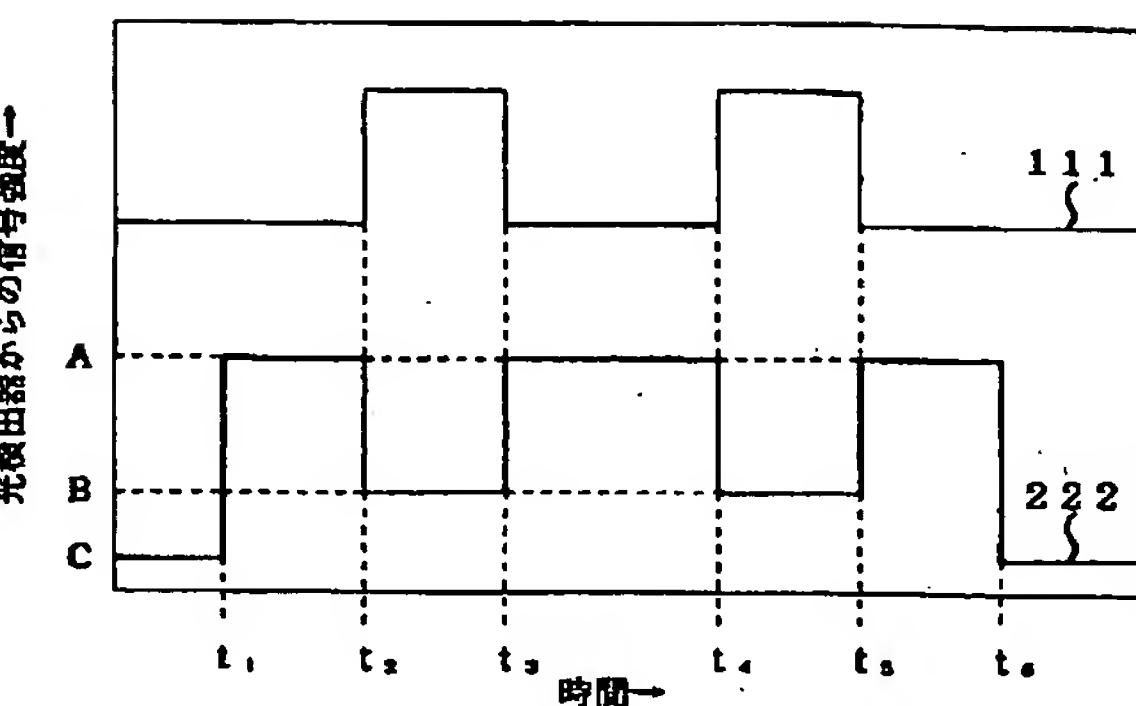
【符号の説明】

1 制御光の光源、2 信号光の光源、3 NDフィルター、4 シャッター、5 半透過鏡、6 光混合器、7 集光レンズ、8 膜型光学素子、9 受光レンズ、10 波長選択透過フィルター（信号光遮断用）、11 光検出器、12 ファイバー型光学素子、13 光アイソレーター（制御光用）、14 光アイソレーター（信号光用）、15 凹面鏡、16 投射レンズ、17 溶液セル（または固体素子）、19 紋り、20 波長選択透過フィルター（制御光遮断用）、21 ダイクロイックミラー、22 光検出器（信号光の光強度検出用）、23 および24 ダイクロイックミラー、30 波面、100 オシロスコープ、111 光検出器11からの信号（制御光の光強度時間変化曲線）、222および223 光検出器22からの信号（信号光の光強度時間変化曲線）、A 制御光を遮断した状態で信号光の光源を点灯した場合の光検出器22の出力レベル、B 信号光の光源を点灯した状態で制御光を照射した場合の光検出器22の出力レベル、C 信号光を消灯した状態の光検出器22の出力レベル、d78 集光レンズ7と膜型光学素子8の距離、d89 光制御素子8と受光レンズ9の距離、Fc 焦点、L01、L+1、L-1およびL02 信号光または制御光の光ビーム断面、I+1およびI-1 信号光または制御光の光軸の平行移動距離、r1 信号光または制御光の光ビーム断面L01、L+1またはL-1の半径、r2 信号光または制御光の光ビーム断面L02の半径、t1 信号光の光源を点灯した時刻、t2 制御光を遮断していたシャッターを開放した時刻、t3 制御光をシャッターで再び遮断した時刻、t4 制御光をシャッターで再び遮断した時刻、t5 制御光をシャッターで再び遮断した時刻、t6 信号光の光源を消灯した時刻、θ 集光レンズで収束させた光ビームの外周部が光軸となす角度、ω0 集光レンズで収束させたガウスビームのビームウエスト（焦点位置におけるビーム半径）。

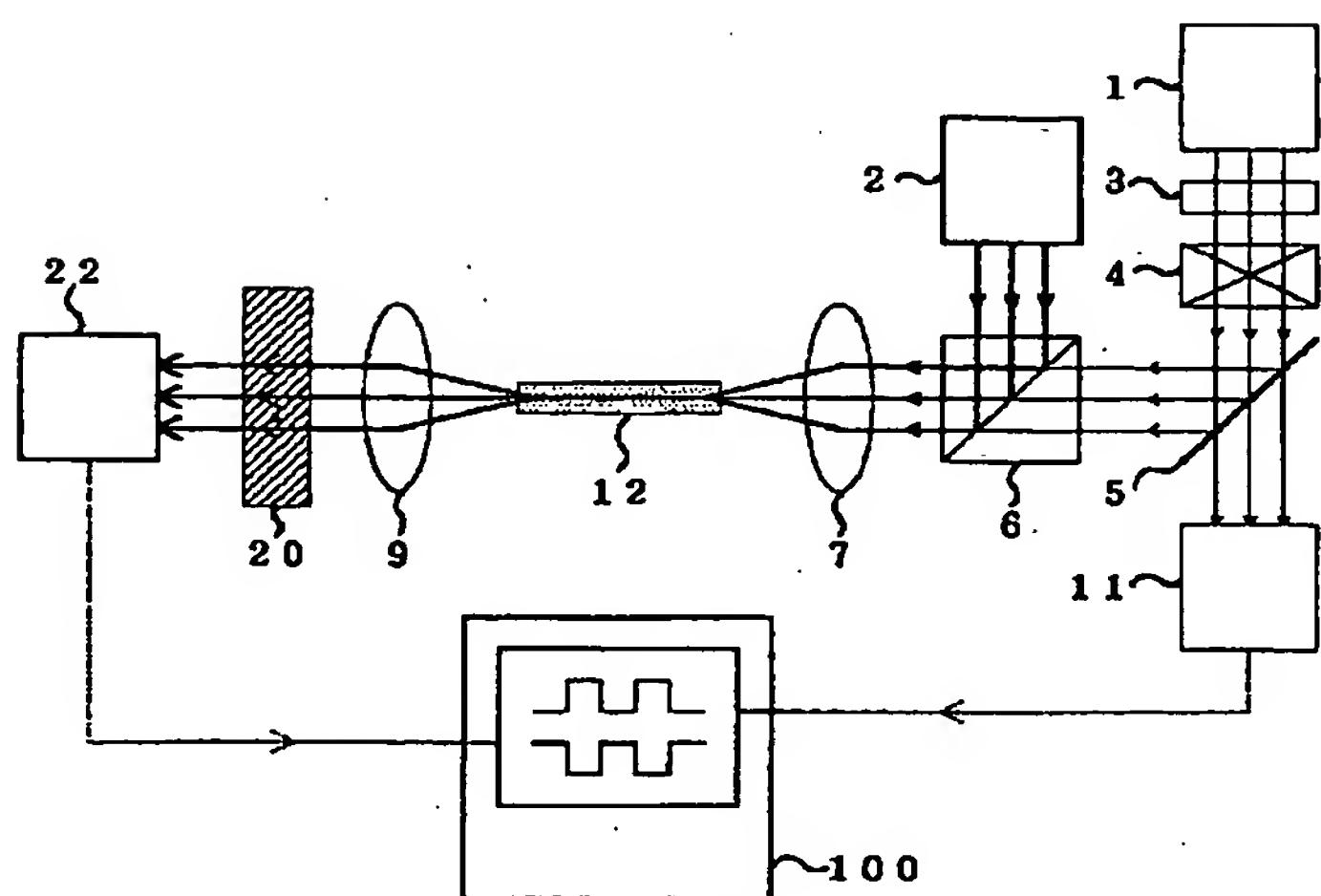
【図1】



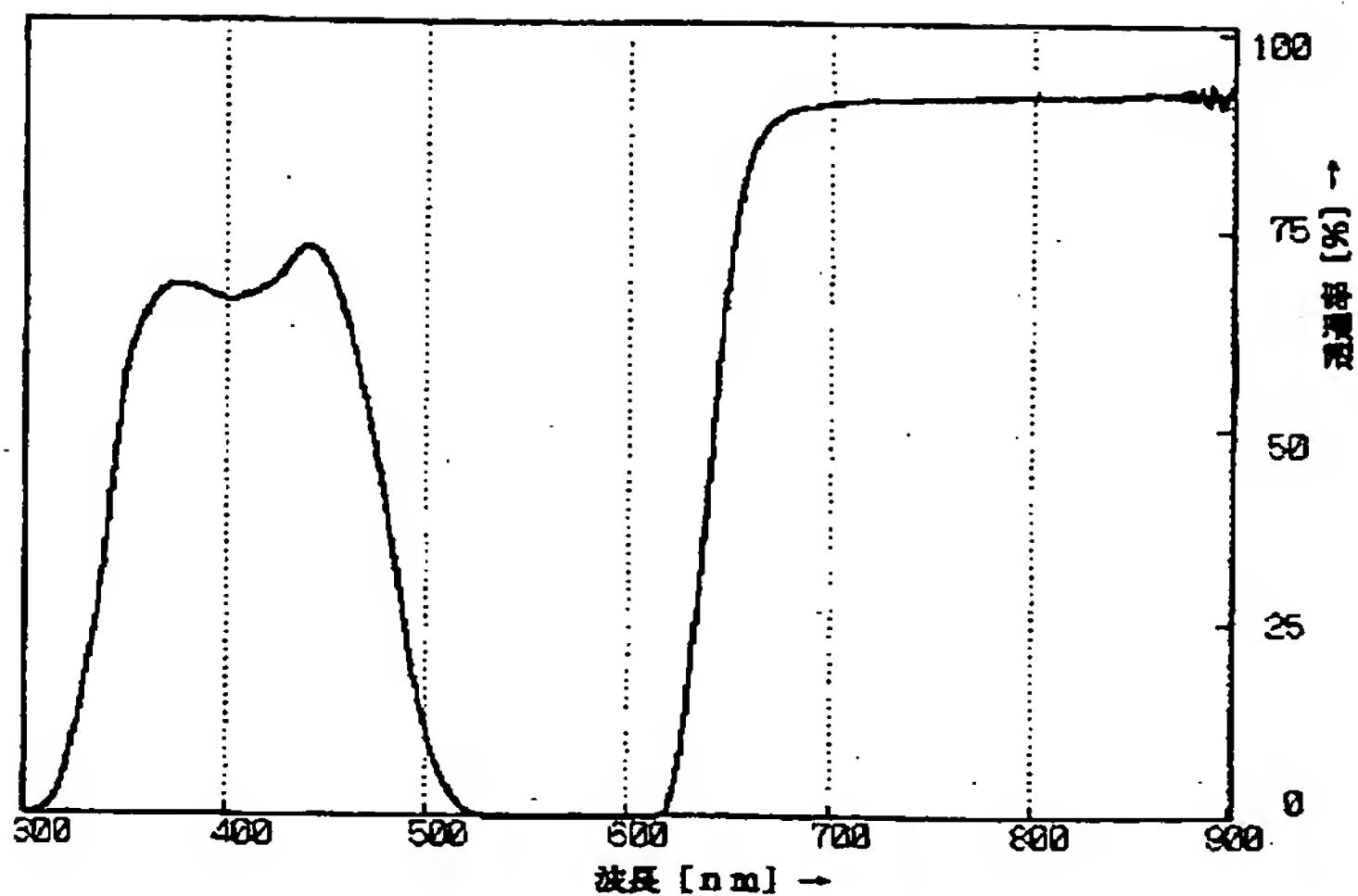
【図4】



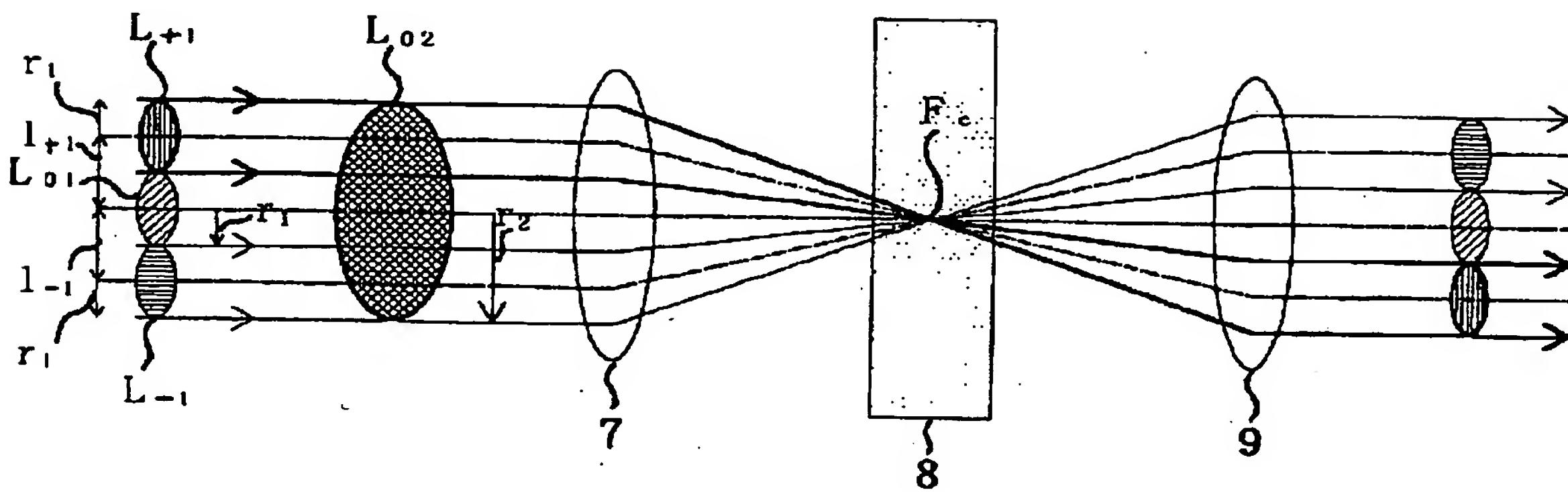
【図2】



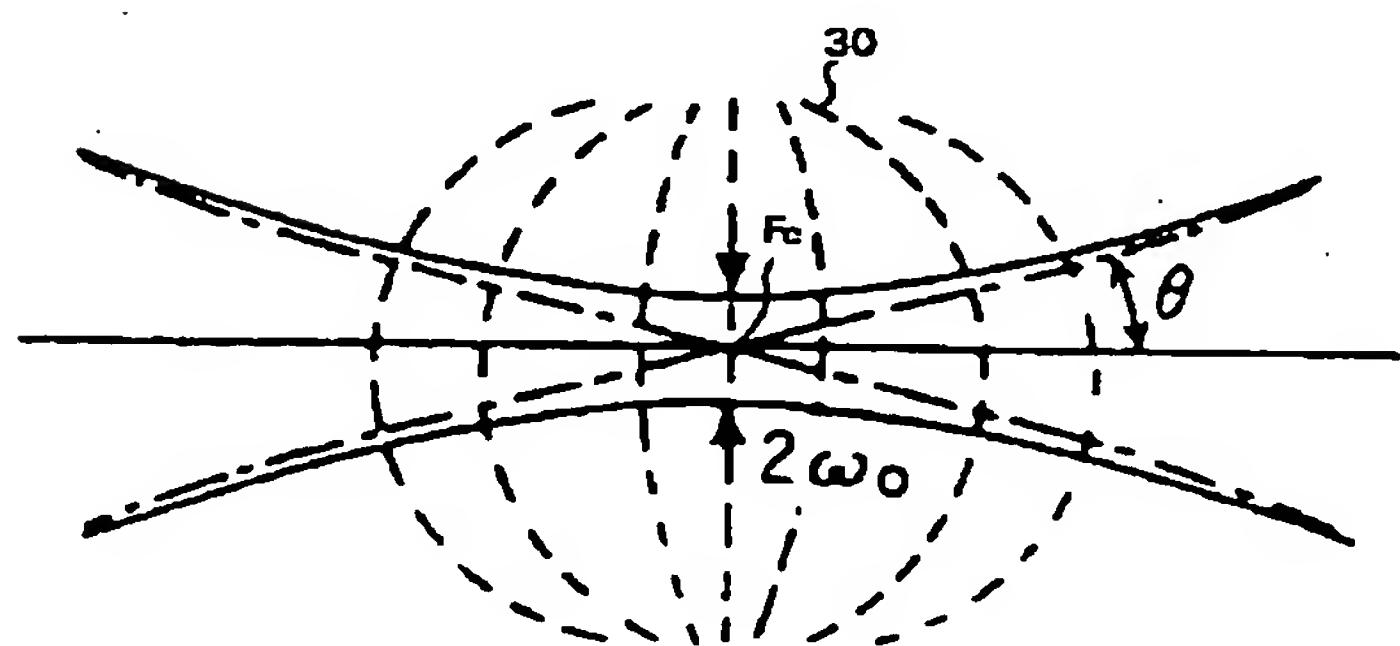
【图3】



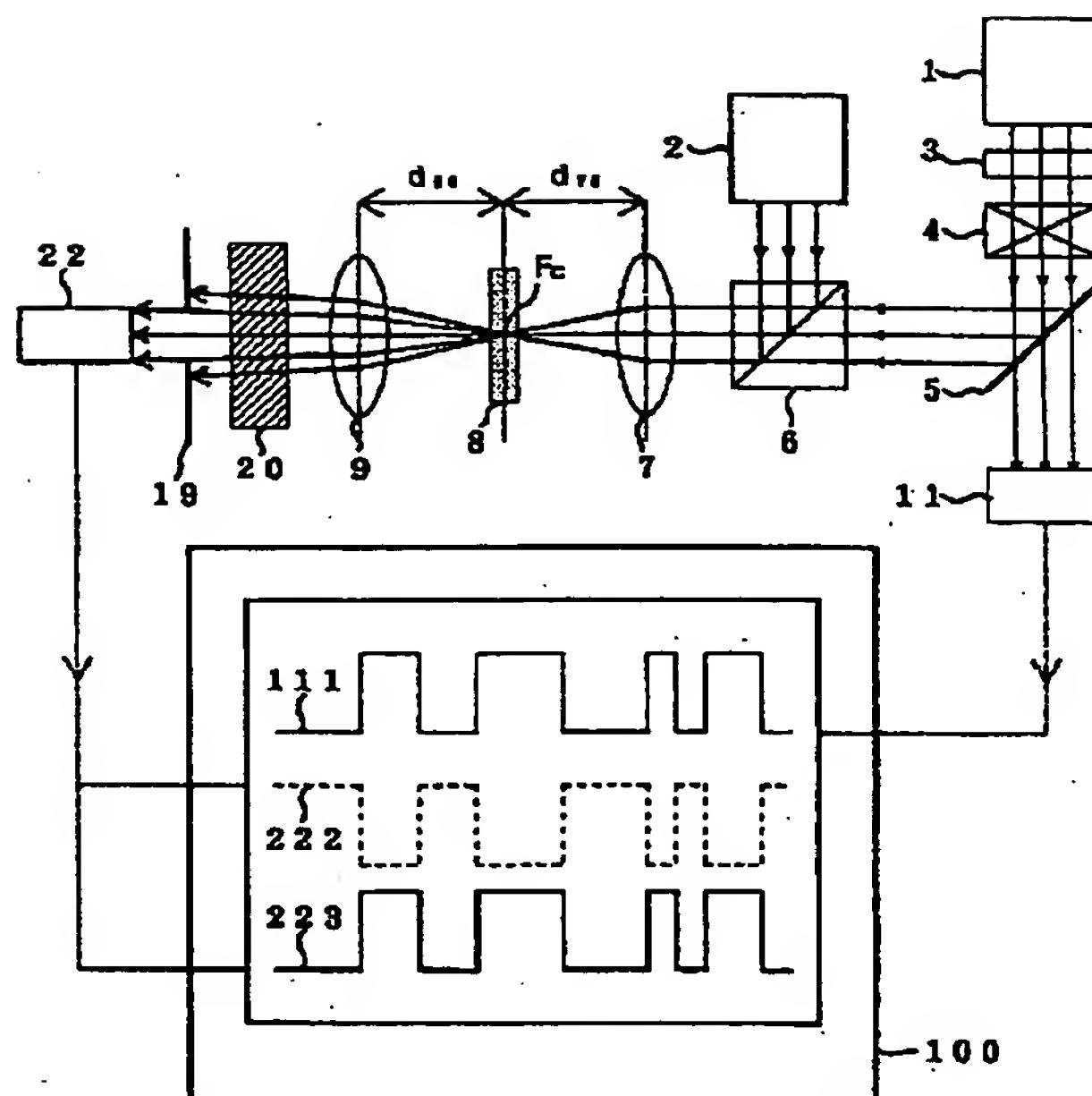
【图5】



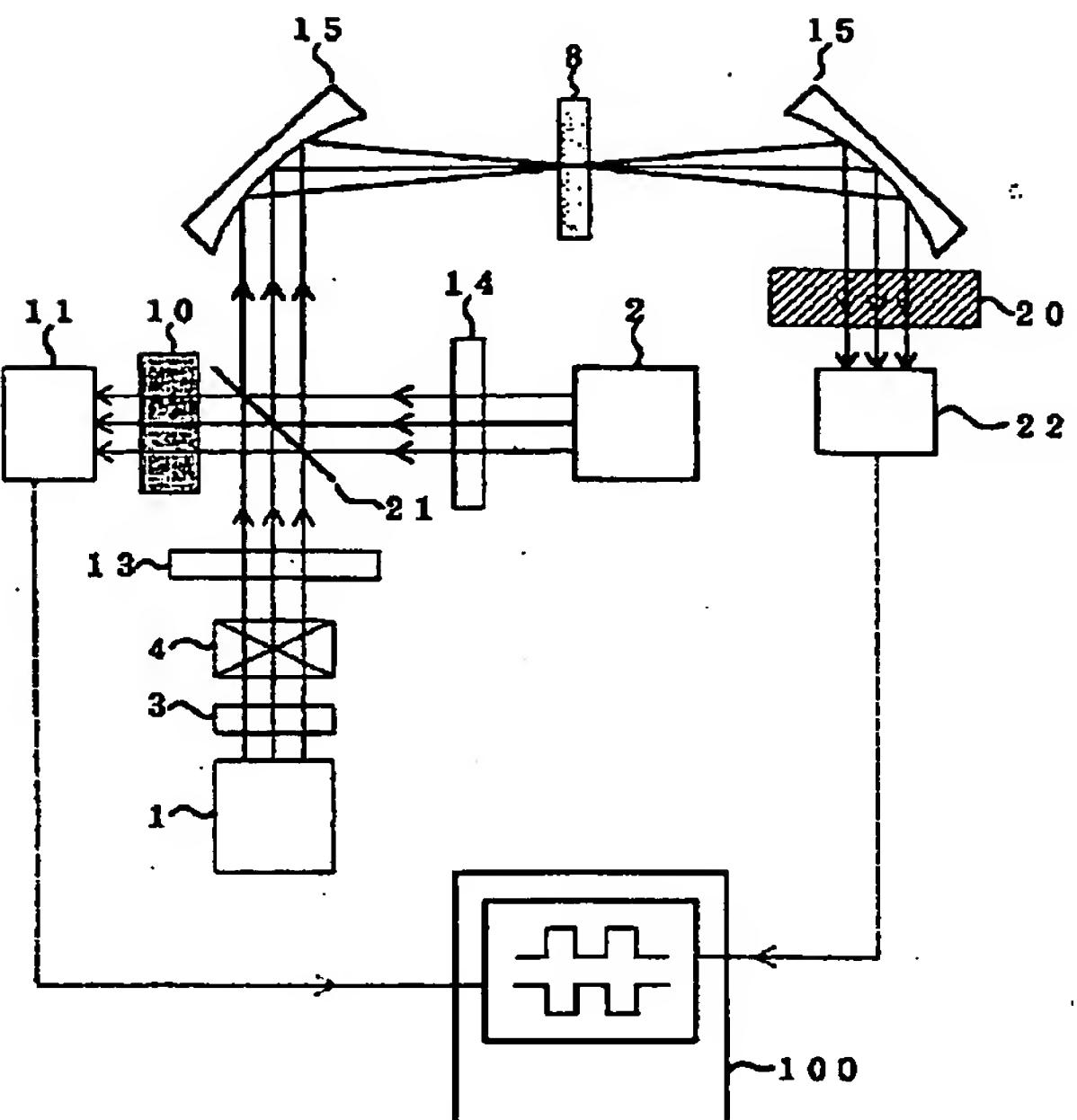
【图 10】



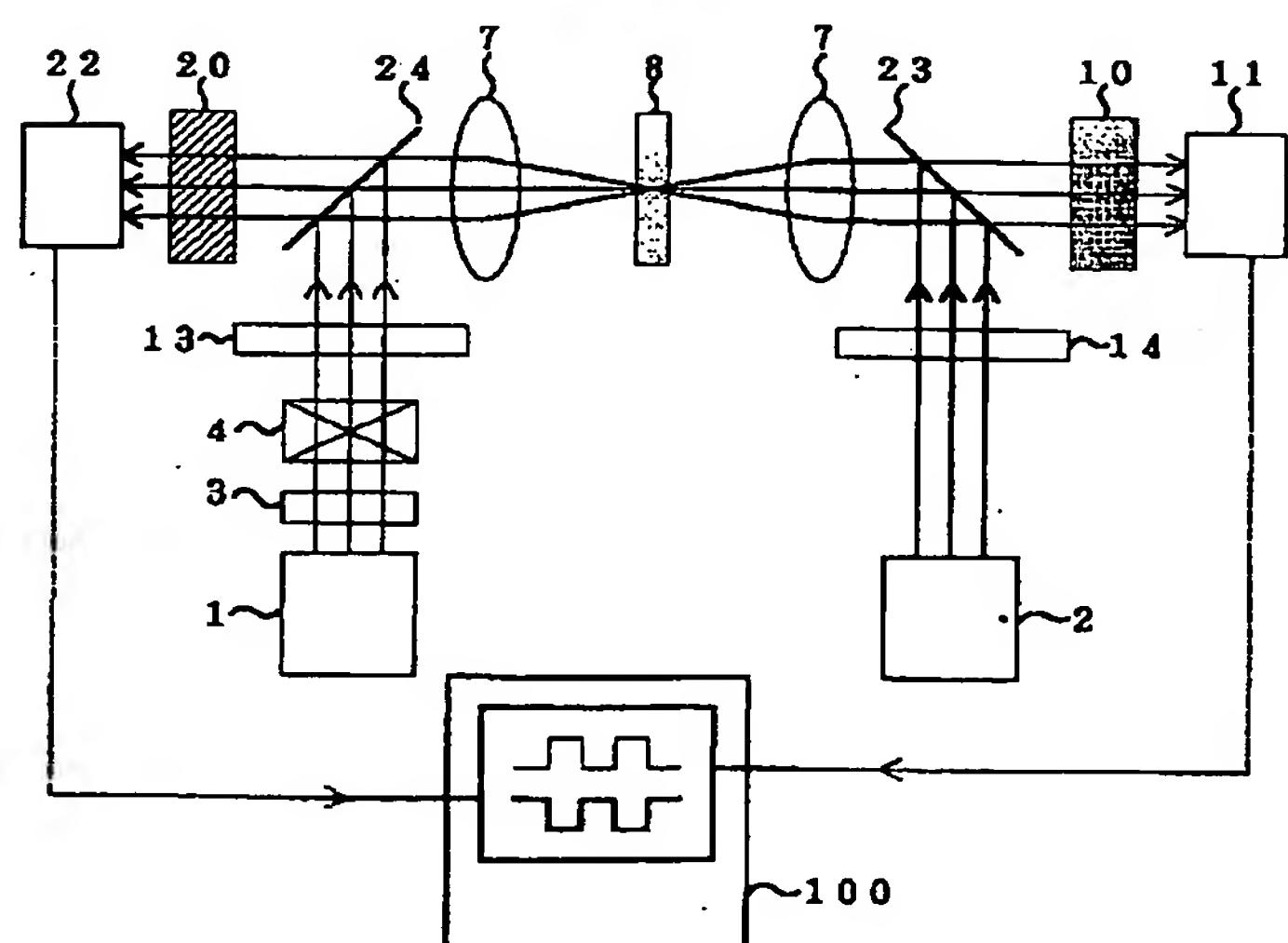
【図6】



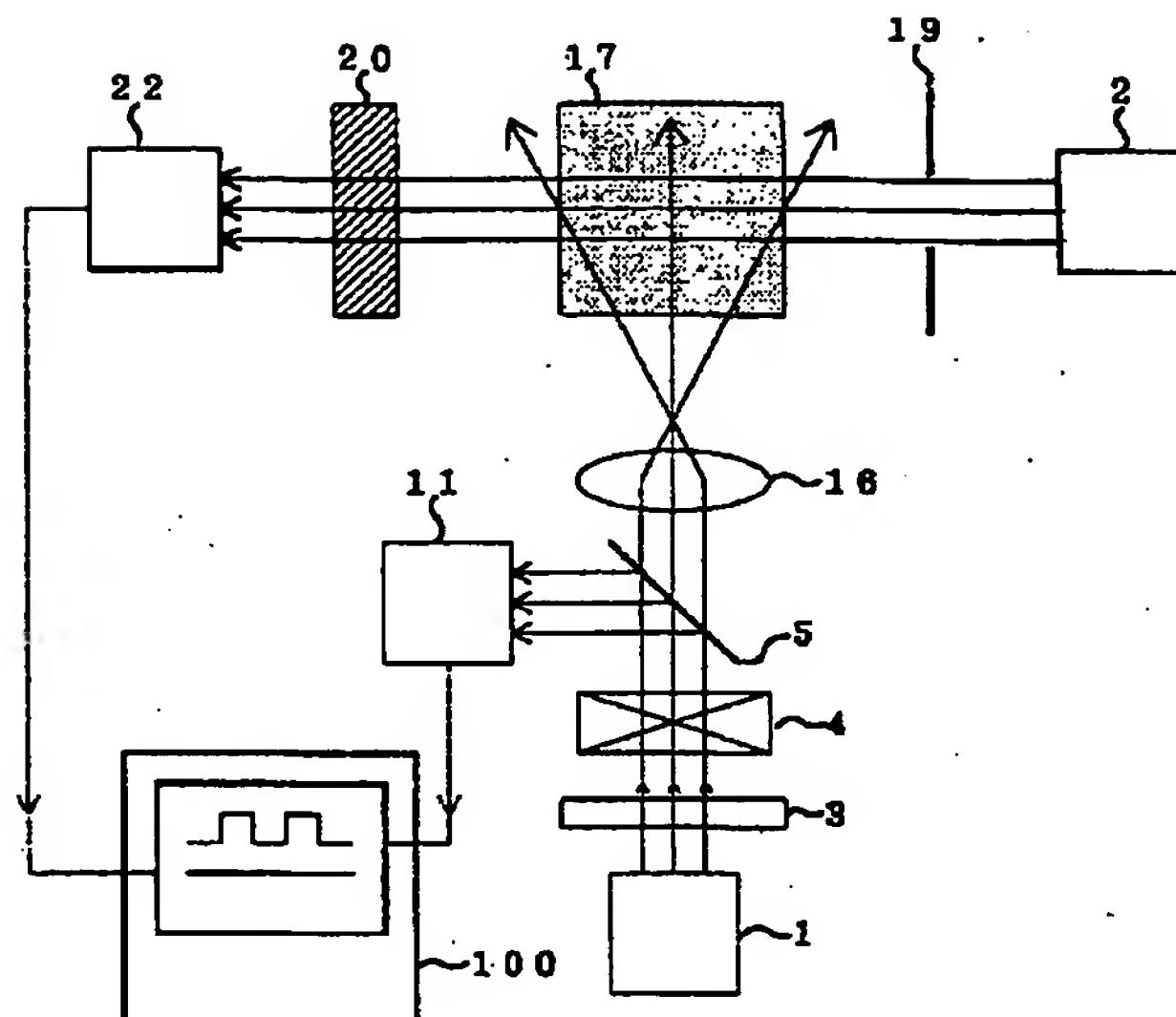
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 甲斐 正勝

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番
地 日本ピクター株式会社内

(72)発明者 上野 一郎

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番
地 日本ピクター株式会社内

(72)発明者 田中 教雄

東京都足立区堀之内1丁目9番4号 大日
精化工業株式会社東京製造事業所内

(72)発明者 宝田 茂

東京都足立区堀之内1丁目9番4号 大日
精化工業株式会社東京製造事業所内